

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

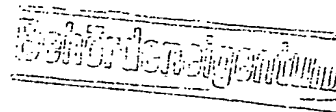


DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3639636 A1

⑤ Int. Cl. 4:
D 06 H 3/08
G 01 N 21/89
G 06 F 15/66

⑳ Aktenzeichen: P 36 39 636.2
㉔ Anmeldetag: 20. 11. 86
㉕ Offenlegungstag: 26. 5. 88



DE 3639636 A1

㉚ Anmelder:
Massen, Robert, Prof. Dr.-Ing., 7760 Radolfzell, DE

㉛ Erfinder:
gleich Anmelder

㉜ Automatische Inspektion von Textilbahnen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur automatischen Inspektion von ebenen Warenbahnen mit Hilfe einer parallelen Anordnung von Farbflächenkameras. Die Inspektion beruht auf einer in Echtzeit durchgeführten Farbfehler-Erkennung zugleich mit einer in Echtzeit durchgeführten lokalen Strukturfehler-Erkennung und einer bei unsicheren Erkennungsergebnissen eingeschalteten, nicht mehr in Echtzeit durchgeführten 2-dimensionalen Bildauswertung. Die Farbfehler-Erkennung beruht auf einer mit Hilfe eines Farbmerkmals-Speicher durchgeführten Klassifikation, die Strukturfehler-Erkennung verwendet einen zyklisch beschriebenen Transienten-Bildspeicher zur genaueren 2-dimensionalen Grauwert-Auswertung bei unsicher im lokalen Bereich erkannten Fehlern.

DE 3639636 A1

Best Available Copy

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Inspektion von Textilien und flächenhaften Waren, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Warenoberfläche mit einer Anordnung gleichartiger Farb-Flächenkameras jeweils Ausschnittsweise erfaßt wird, daß die Signale der drei Primärfarben digitalisiert und in einer Recheneinheit im Takte der Bildpunktfrequenz in die drei Farben des zur Farbfehlererkennung verwendeten Farbraums umgerechnet werden, daß die Bit-Muster aller drei digitalisierten, zu einem aktuellen Bildpunkt gehörenden Farbsignale zu einer digitalen Speicheradresse zusammengefaßt werden und **ein mit dieser Adresse adressierte Farbmerkmals-Speicher** ausgelesen wird, in welchem in einer vorherigen an einer fehlerfreien Warenprobe durchgeführten Trainingsphase 3-dimensionale Farbmerkmals-Cluster abgespeichert wurden, daß die unter dieser Adresse abgespeicherten Klassifikationsergebnisse für den aktuellen Bildpunkt ausgelesen werden und daß beim Vorliegen einer von der Anzahl und der Flächengröße und -Form ausreichend signifikanten Klassifikation das entsprechende Gebiet der inspizierten Ware als mit Farbfehler behaftet in Echtzeit klassifiziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ohne oder zusätzlich zur Farbfehlererkennung aus den drei Primärfarben-Signale durch eine wählbare Gewichtung ein Luminanzsignal im Takte der Bildpunktfrequenz gebildet wird, daß die Amplitude dieses Signals mit einer oder mehreren Schwellen verglichen wird und beim Vorliegen signifikanter Amplitudenänderungen das aktuell inspizierte Gebiet in Echtzeit als mit einem Strukturfehler behaftet klassifiziert wird, daß aber bei nicht signifikanten Amplitudenänderungen mit Hilfe eines Transienten-Bildspeichers, welcher fortlaufend durch zyklisches Überschreiben die lokale Umgebung des aktuell ausgewerteten Bildpunkts enthält, dieses lokale Luminanzbild mit Hilfe eines Bildrechners und einer 2-dimensionalen Mustererkennung unter Verlassung der Echtzeit-Bedingung genauer auf das Vorhandensein eines Strukturfehlers untersucht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei bewegten Waren zur Vermeidung von Unschärfen die zu inspizierende Ware stroboskopisch im Auflicht, im Durchlicht oder in einer Kombination beider Beleuchtungsverfahren beleuchtet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei gemeinsamer Inspektion auf Farb- und Strukturfehler die zur Absicherung der Klassifikation herangezogene Anzahl, Flächengröße und Form der Fehler gemeinsam für Farb- und Strukturfehler verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch Verwendung einer von der Farbe der zu inspizierenden Ware deutlich unterschiedlichen Beleuchtung auch Strukturfehler von der Farbfehler-Erkennung erfaßt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Warenoberfläche mit einer parallelen Anordnung von farbfähigen Zeilenkameras inspiziert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Trainingsphase mit dem gleichen wie unter Anspruch 1 beschriebenen Verfahren der mit Hilfe der zusammengeführten Bit-Muster der Farbsignale adressierte Farbraum-Speicher mit einer zur Klassifikation geeigneten Kennung beschrieben wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die während der Trainingsphase in den Farbraum eingeschriebene Kennung die Anzahl der erfolgten Adressierungen enthält und daß zur Vorbereitung des Farbraum-Speichers für die spätere Echtzeit-Klassifizierung nur diejenigen Speicherzellen mit der Kennung "korrekte Farbe" beschrieben werden, bei denen die Anzahl der Adressierungen während der Trainingsphase eine **vorgegebene Mindest-Anzahl erreicht hat**.
9. Verfahren nach Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß Trainingsphase und Inspektionsphase zeitlich verschachtelt werden und gleichzeitig zur Inspektion in einem zweiten Farbraum-Speicher die am häufigsten adressierten Speicherzellen als zu einer korrekten Farbe gehörenden Zellen gekennzeichnet werden und in vorgegebenen Zeitintervallen die Echtzeit-Klassifikation auf diesen Trainings-Farbraum-Speicher umgeschaltet wird und der bisherige zur Klassifikation verwendete Farbraum-Speicher als neuer Trainingspeicher eingesetzt wird.
10. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Warenoberfläche mit einer Anzahl von Farb-Flächenkameras Ausschnittsweise erfaßt wird, daß die Ware im Auflicht, Durchlicht oder im kombinierten Licht aufgeleuchtet wird, daß die Farbsignale der Farbkamera mit Hilfe von drei Analog/Digital-Umsetzer im Takte der Bildpunktfrequenz digitalisiert werden, daß mit einer im Takte der Bildpunktfrequenz arbeitenden Recheneinheit diese Signale in das zur Farbfehler-Erkennung verwendete Farbsystem umgerechnet werden, daß alle oder eine ausgewählte Zahl von Bit-Stellen dieser Farbsignale zu einer Speicheradresse zusammengefügt werden, daß mit dieser Adresse ein digitaler Speicher adressiert wird, in welchem während einer vorherigen Trainingsphase diejenigen Speicherzellen gekennzeichnet wurden, die zu einer bestimmten Farbklasse gehören, daß die aus diesem Farbmerkmals-Speicher im Bildpunkt-Takt ausgelesene Klassifikations-Ergebnisse in einer Überwachungseinheit gezählt und die geometrischen Abstände der als fehlerhaft markierten Bildpunktkoordinaten mit einer Mindestgröße verglichen werden und daß beim Vorliegen einer ausreichend großen Zahl von fehlerhaften Bildpunkten in einem ausreichend zusammenhängenden Gebiet dieses Gebiet auf einem Ausgabe-Gerät als fehlerhaft protokolliert wird.
11. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß mit Hilfe von drei Multiplizierer und einem Summierer die gewichtete Summe der drei Farbsignale gebildet wird, daß mit Hilfe einer Anordnung von parallel arbeitenden Komparatoren die Luminanzamplitude des aktuellen Bildpunktes im Takte der Bildpunktfrequenz mit mehreren Schwellen verglichen wird, daß fortlaufend die aktuelle Bildpunktumgebung der jeweils n letzten und n voreilenden Bildzeilen in einen von zwei im Wechselpufferbetrieb arbeitenden Bildspeicher

eingelese wird und daß beim Vorliegen einer unsicheren Strukturfehler-Erkennung die in diesem Bildspeicher gespeicherte Bildpunktumgebung mit Hilfe eines Bildrechners unter Verlassen der Echtzeit-Bedingung 2-dimensional ausgewertet wird.

Beschreibung

Die Qualitätskontrolle von Textilien auf Struktur- und Farbfehler erfolgt heute noch vorwiegend manuell an sogenannten Warenschauplätzen. Hier werden durch menschliche Prüfer die gefertigten, zumeist bahnförmigen Waren an beleuchteten Schauplätzen visuell auf Farbfehler infolge von Färbungs-, Druck- oder Verschmutzungsfehler und auf Strukturfehler infolge von Ketten- oder Schußfadenfehler, Löcher, Laufmaschen usw. kontrolliert. Die fehlerhaften Stellen werden markiert und es wird ggfs. eine manuelle Statistik der bekannten Fehlertypen erstellt.

Warenschauplätze und ähnliche optische Sichtstationen stellen wegen des hohen Personalbedarfs einen bedeutenden Kostenfaktor dar. Die menschliche Kontrolle ist zwar sehr flexibel und lernfähig, dafür aber auch von einem hohen Ermüdungs- und Monotoniegrad gekennzeichnet. Die Kontrollergebnisse sind daher stark schwankend, ungenau und eher qualitativ als quantitativ zu bewerten. Die optische Inspektion durch menschliche Prüfer widerspricht auch in erheblichem Maße den Anforderungen an einen humanen und menschengerechten Arbeitsplatz.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, die Warenschau zu automatisieren. Dabei sind zwei Klassen von Verfahren entwickelt und bereits teilweise eingesetzt worden:

1. Laser-Scanner werden zur zeilenförmigen Abtastung des bahnförmigen bewegten Materials eingesetzt. Das von der strichförmig mit einem Laser belichteten Oberfläche zurückgestreute Licht wird mit Hilfe von Photoempfänger in elektrische Signale umgewandelt und durch Überwachung der Amplitude dieser Helligkeitssignale 1-dimensional ausgewertet. Neben dem hohen technischen Aufwand ist der Anwendungsbereich der Laserscanner vor allem durch das verwendete monochromatische und kohärente Licht stark eingeschränkt. Farbfehler können prinzipiell nicht erkannt werden; es können u. a. nur ebene und eher glatte Textilien wie z. B. einfarbige Webstoffe mit ausreichender Sicherheit kontrolliert werden. Strickwaren und Waren mit stark ausgeprägten Struktur- und Farbmuster können ebenfalls wegen der einfachen 1-dimensionalen Zeilenbildauswertung nicht zuverlässig kontrolliert werden. Eine genaue Zuordnung zwischen Zeit oder Ort ist bei den mechanisch abgelenkten Laserstrahlen nur sehr schwer erreichbar. Genaue und geometrisch fein auflösende 2-dimensionale Bilder sind daher von Textilbahnen, welche i. a. nicht genau geführt und nicht mit genau bekannter Geschwindigkeit bewegt werden können, nur sehr schwierig zu erzielen.

2. Zeilenkameras erfassen wie Laserscanner einen zeilenförmigen Ausschnitt der bewegten Oberfläche, wobei allerdings die Beleuchtung frei gewählt werden kann. Die Fehlererkennung erfolgt durch Überwachung der Amplitudenschwankungen des Helligkeitssignals. Wegen der freien Wahl der Beleuchtung sind im Prinzip auch Farb-tüchtige Systeme denkbar, welche jeweils für die drei Primär-

farben Rot, Grün und Blau eine eigene Diodenzeile verwenden. Eine echte 2-dimensionale Mustererkennung ist wie beim Laserscanner nur möglich, wenn die Transportgeschwindigkeit der Ware absolut konstant und genau bekannt ist. Dies ist unter Produktionsbedingungen nur mit großem Aufwand zu erreichen. Schwierigkeiten bereiten bei Zeilenkameras die hohen Bahngeschwindigkeiten, welche hohe Auslesetaktfrequenzen erfordern. Dies wiederum bedeutet, daß hohe Beleuchtungsintensitäten zur Erzeugung ausreichender Photosignale erforderlich sind. Dadurch können insbesondere Wärme-empfindliche Waren geschädigt werden.

Sowohl die zeilenförmig arbeitenden Laserscanner wie auch die Zeilenkamera-Systeme decken daher nur einen begrenzten Ausschnitt der benötigten Kontrollfunktionen ab. Sie sind nicht in der Lage, in Echtzeit, d. h., schritthaltend mit der Bahngeschwindigkeit im gleichen Zug schnelle Mustererkennungsverfahren zur Farbfehlerkontrolle und 2-dimensionalen Strukturfehlerkontrolle bei gleichzeitig niedrigen Verfahrenskosten durchzuführen. Ihre Anschaffungskosten können nicht entsprechend der zu inspizierenden Bahnbreiten verringert werden. Insbesondere bei den oft vorliegenden schmalen Baubreiten sind daher die Kosten für diese Prüfsysteme oft unwirtschaftlich hoch.

Es besteht daher der Bedarf nach einem sowohl farb-tüchtigen als auch echt 2-dimensional auswertenden Echtzeit low-cost System für die automatische Warenschau von Textilien und ähnlichen ebenen Waren.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die bewegte Oberfläche stroboskopisch im Auflicht, Durchlicht oder einer Kombination von beiden beleuchtet wird, daß mit einer parallelen Anordnung von jeweils nur einen Teilausschnitt erfassenden Farb-Flächenkameras in Echtzeit die Primärfarben-Helligkeitssignale digitalisiert werden, in Echtzeit in das zur Farbklassifizierung verwendete Farbsystem umgerechnet werden, daß die den digitalisierten Signalen entsprechenden Bit-Muster im Rythmus der Bildpunktfrequenz zu einer Speicheradresse zusammengefügt werden und mit dieser Adresse ein Farb-Merkmalsspeicher ausgelesen wird, in welchem in einer vorherigen, an fehlerfreien Warenproben in gleicher Weise durchgeführten Trainingsphase 3-dimensionalen Farbmerkmals-Cluster abgelegt wurden, daß das unter den jeweiligen zu einer Fehler-Hintergrund- oder Rückweisungsklasse gehörenden Speicheradresse abgelegte Klassifikationsergebnis für den momentan digitalisierten Bildpunkt ausgelesen wird und daß beim Vorliegen einer von der Anzahl, der Flächengröße und Flächenform ausreichend signifikanten Klassifikation das entsprechende Warengebiet als fehlerhaft markiert und protokolliert wird.

Als weiterer Erfindungsgedanke werden Strukturfehler durch Auswertung des aus den drei Primärfarben mit Hilfe einer einstellbaren Gewichtung zusammengesetzten Luminanz-Signals dadurch erkannt, daß in Echtzeit durch eine fortlaufende Überwachung der Amplitude dieses Luminanzsignals mit Hilfe einer oder mehreren Schwellen gut ausgeprägte Strukturfehler detektiert werden, daß aber bei Vorliegen eines durch diese in Echtzeit durchgeführten lokalen Bildauswertung ungenügend abgesicherten Klassifikationsergebnisses die aktuelle, in einem Transienten-Bildspeicher fortlaufend ein- und überschriebene größere 2-dimensionale Bildpunktumgebung in einen zweiten Bildspeicher übernommen wird und dort mit Hilfe eines Bildrechners

nach den bekannten Verfahren der Mustererkennung und Grauwert-Bildverarbeitung genauer und unter Verlassung der Echtzeit-Bedingung ausgewertet wird.

Da in der Regel Strukturfehler nicht nur im Luminanzbild erkennbar sind, sondern auch als Farbfehler in Erscheinung treten, wird durch das gleichzeitige Vorliegen eines Farb- und eines Strukturfehlers die Klassifikationssicherheit des letzteren wesentlich erhöht. In besonders einfachen Fällen, z. B. bei der Beobachtung der Textilien im Durchlicht werden Löcher, Kette- und Schußfehler usw. die Beleuchtungsquelle durchscheinen lassen und damit auch zu intensiven Farbabweichungen führen. In solchen Fällen kann unter Umständen ganz auf eine zusätzliche Erkennung von Strukturfehler im Luminanzbild verzichtet werden und damit ein besonders einfaches Inspektionssystem entwickelt werden.

Die Aufteilung der Aufgabe zur automatisierten Warenschau in mehrere gleichartige, parallel arbeitende Systeme, in eine getrennte Echtzeit-Klassifikation der Farbe des aktuell beobachteten Bildpunktes mit Hilfe eines Speichertabellen-Klassifikators, in eine weitere in Echtzeit ablaufende Klassifikation der Struktur des aktuell beobachteten Bildpunktes oder einer kleinen Umgebung desselben anhand der Überwachung der Luminanz-Amplitude und in eine dritte, nur im Bedarfsfall einer ungenügend abgesicherten bisherigen Strukturklassifikation eingeschalteten, nicht mehr in Echtzeit ablaufenden 2-dimensionalen Bildauswertung wird ein kostengünstiges modulares System geschaffen, welches individuell ohne Neuentwicklung auf die jeweiligen Anforderungen wie Bahnbreite, Farb- und/oder Strukturüberwachung zugeschnitten werden kann.

Dieses Verfahren und die zu seiner Durchführung erfindungsgemäß eingesetzten Schaltungsanordnung werden im folgenden anhand einer beispielhaften, den gesamten Umfang der Erfindung aber nicht einschränkenden Ausführung näher erklärt. Hierbei wird auf folgende Abbildungen verwiesen.

Fig. 1 zeigt das gesamte Blockschaltbild der automatisierten Warenschau.

Fig. 2 zeigt einen 3-dimensionalen IHS-Merkmalraum.

Fig. 3 zeigt das Blockschaltbild der Farbüberwachung in Echtzeit.

Fig. 4 zeigt das Blockschaltbild der Strukturfehler-Erkennung.

Das in Fig. 1 skizzierte System soll anhand seiner Komponenten erläutert werden. Die zu inspizierende Warenbahn -1- wird mit Hilfe eines Auflicht-Stroboskops -2- und eines Durchlicht-Stroboskops -3- beleuchtet. Mit einer parallelen Anordnung gleicher Farb-Flächenkameras -4- wird die Warenbahn ausschnittsweise erfaßt. Jede Farbkamera wird von einem eigenen Auswertesystem -5- bis -6- ausgewertet. In Fig. 1 ist zur Vereinfachung nur eines dieser Systeme eingezeichnet. Das Auswertesystem besteht aus einer in Echtzeit arbeitenden Farbfehler-Erkennung -5-, einer ebenfalls in Echtzeit arbeitenden Strukturfehler-Erkennung, welche das Luminanzbild ausgewertet -6- und einer 2-dimensionalen Bildspeicher-gestützten Auswertung, welche nicht mehr in Echtzeit arbeitet und im Fall unsicherer Fehlermeldungen der Einheit -6- die aktuelle 2-dimensionale Bildpunktumgebung auswertet. Das System wird von einem Steuerrechner -8- gesteuert und über Pheripheriegeräte wie Terminal -9- und Drucker -10- bedient.

Erfindungsgemäß wird die Erkennung von Farbfehlern in Echtzeit durch eine Klassifikation der mit einer Farbflächen-Kamera gewonnenen Bildsignalen mit Hil-

fe eines Farbmerkmals-Speicher durchgeführt. Hierzu wird die beobachtete bewegte Warenoberfläche im Rythmus des Kamera-Bildwechsels stroboskopisch beleuchtet und damit ein auch bei schnell bewegten Vorlägen scharfes Ladungsbild auf den Photokathode bzw. dem lichtempfindlichen Diodenarray der Kamera erzeugt. Beim seriellen Auslesen der Bildpunkthelligkeiten werden die analogen Helligkeitssignale für jeden Farbkanal getrennt digitalisiert und in einer Recheneinheit in normierte Farbraumsignale umgerechnet. Dies kann je nach Anwendung der RGB-Farbraum (Rot-Grün-Blau), der IHS-Raum (Intensity-Hue-Saturation), der XYZ-Farbraum oder einer der zahlreichen in der Literatur bekannten Farbsysteme sein. Am Ausgang dieser Recheneinheit stehen damit digitalisierte Helligkeitssignale an, welche sich im Rythmus der Bildpunktfrequenz ändern können.

Wie in Fig. 2 anschaulich dargestellt, bestimmt eine gegebene Warenfarbe mit einer gegebenen Intensität I , einem gegebenen Farbton H und einer gegebenen Sättigung S einen Punkt im 3-dimensionalen Farbraum IHS. Farbfehler sind Punkte in diesem Merkmalsraum, welche sich mehr oder weniger von diesem zu einer korrekten Warenfarbe gehörenden Idealpunkt entfernen. In der Praxis wird man niemals so gleichmäßige Bildpunktfarben einer fehlerfreien Textiloberfläche erhalten, daß diese alle in einem einzigen Punkt im IHS-Farbraum zusammenfallen. Sie bilden vielmehr aufgrund erlaubter statistischer Toleranzen einen oder mehrere Häufungspunkte um die idealen Werte. Solche Häufungspunkte bezeichnet man auch mit dem englisch-sprachigen Begriff "cluster". Die Erkennung von Farbfehlern besteht nun darin, eine unzulässig große Abweichung zwischen der 3-dimensionalen IHS-Koordinate des aktuell eingelesenen Bildpunktes von dem oder den cluster, welche die korrekte Warenfarbe bestimmen festzustellen. Dies wird in der Mustererkennung üblicherweise rein rechnerisch durchgeführt, indem mit Hilfe einer Rechenvorschrift das cluster im Merkmalsraum IHS beschrieben wird und eine Klassifikationsformel, z. B. auf der Grundlage eines Polynom-Ansatzes auf die digitalisierten Farbsignale für jeden Bildpunkt erneut angewandt wird (siehe z. B. Schürmann: Polynom-Klassifikatoren, Olbenbourg-Verlag, 1977). Diese Berechnung erfordert viel Rechneraufwand und Rechenzeit und läßt sich kostengünstig in dem durch die Bildpunktfrequenz der Farbkamera festgelegtem Zeitraster von typ. 10 MHz bis 20 MHz nicht mehr durchführen. Die Festlegung einer mathematischen Beschreibung des cluster-Raumgebietes, welches zu der fehlerfreien Textiloberfläche gehört, kann nur aufgrund einer umfangreichen Trainings-Klassifikation an fehlerfreien Textiloberflächen erfolgen und ist weder eine triviale noch für den i. a. in der mustererkennung unerfahrenen Textilfachmann leicht zu verstehende Aufgabe.

Erfindungsgemäß wird sowohl die Klassifikation als auch die Trainingsphase mit einem sehr einfachen und leicht verständlichen Verfahren in Echtzeit durchgeführt. Hierzu werden die digitalisierten Farbsignale jedes Kanals im Rythmus der Bildpunktfrequenz zu einem einzigen Bit-Muster zusammengefaßt und als Speicheradresse für einen digitalen Speicher verwendet. Jedes Wort dieses Speichers entspricht damit einem diskreten Bildpunkt im IHS-Farbraum.

In der Trainingsphase wird eine fehlerfreie Textiloberfläche ins Blickfeld der Farbkamera gelegt und das jeweils durch den Farbtupel IHS adressierte Speicherwort mit einer Kennung beschrieben. Diese Kennung

kann ein einzelnes Bit als Markierung des zur korrekten Warenfarbe gehörenden clusters sein. Ein weiterer Erfindungsgedanke ist es, während der Trainingsphase den Inhalt des adressierten Speicherwortes zu inkrementieren. Dadurch steht nach dem Beenden der Trainingsphase im Farbraum-Speicher nicht nur eine Markierung des clusters, sondern auch eine statische Kennung welche angibt, wie häufig welche dreidimensionale Farbkoordinate angetroffen wurde. Seltene Ausreißer können dadurch entfernt werden, indem alle Speicheradressen, welche eine Anzahl von Treffern erhalten haben, welche unterhalb einer wählbaren Schwelle liegen, mit der Kennung "Farbfehler" versehen werden. Dieser Speicher wird im folgenden als Farbmerkmals-Speicher bezeichnet.

In der Inspektionsphase wird der Farbmerkmals-Speicher nicht mehr beschrieben, sondern gelesen. Die in der Trainingsphase in jedem Speicherwort abgespeicherte Kennung erlaubt es, im Rythmus der Bildpunktfrequenz zu entscheiden, ob das momentan ausgelesene Bild eine korrekte oder eine falsche Farbe besitzt.

In der Praxis wird man nicht davon ausgehen können, daß die Farbe eines einzelnen Bildpunktes aussagekräftig genug ist, um mit ausreichender Signifikanz auf einen vorliegenden Farbfehler zu schließen. Es wird vielmehr erforderlich sein, zur Vermeidung von Falschklassifikationen auch das Vorhandensein einer ausreichend großen Anzahl von fehlerhaften Bildpunkten in einem zusammenhängenden Gebiet als zusätzliche Bedingung für das Vorhandensein eines Farbfehlers vorauszusetzen. Hierzu werden in einer Signifikanzeinheit die Anzahl der innerhalb eines vorgegebenen Raumgebietes angetroffenen Fehler-Klassifikationsergebnisse summiert und erst beim Erreichen einer einstellbaren Schwelle eine Farbfehler-Erkennung ausgegeben. Hierzu können z. B. beim Vorliegen einer Farbfehler-Kennung die aktuellen Bildpunktkoordinaten mit den Koordinaten der vergangenen als fehlerhaft erkannten Bildpunkte verglichen werden und bei ausreichend kleinem euklidischen Abstand eine Markierung als potentiell fehlerhaftes Gebiet im Steuerrechner abgelegt werden. Sind eine ausreichend große Anzahl von Treffern in diesem lokal begrenzten Gebiet angetroffen worden, so wird es als mit Farbfehler behaftet protokolliert und markiert. Andernfalls wird das Gebiet als korrekt klassifiziert.

Fig. 3 zeigt im Blockschaltbild die angesprochenen Komponenten Farbflächen-Kamera -1-, die 3-kanalige Analog-Digital-Umsetzung -2-, die Recheneinheit zur Umrechnung der von der Farbkamera gelieferten Signale in den zur Klassifikation benutzten Farbraum -3-, der durch die zu einer Adresse zusammengeführten Farbkanal-Signalen adressierte Farbmerkmals-Speicher -4-, die die Speicherinhalte auswertende Signifikanzeinheit -5-, die Steuereinheit zur Erzeugung der Stroboskop- und Kamera-Ansteuersignale -6- und Verbindung zur Recheneinheit, welche die gesamte Ablaufsteuerung und Endbewertung durchführt -7-.

Ein weiterer Erfindungsgedanke ist es, nicht mit einem in einer einmaligen Trainingsphase beschriebenen Farbmerkmals-Speicher zu inspizieren, sondern zur fortlaufenden Adaption des trainierten Farbmerkmals-Speichers die Trainingsphase und die Inspektionsphase unterbrechungsfrei zeitlich zu schachteln. Da in der Praxis stets davon ausgegangen werden kann, daß Farbfehler und Strukturfehler selten sind, kann das Trainieren auch an einer unbekannten, nicht auf Fehlerfreiheit inspezierten Warenprobe erfolgen. Dazu ist es lediglich

notwendig, während der laufenden Inspektion einen zweiten Farbmerkmals-Speicher zu beschreiben und nur diejenigen cluster zuzulassen, deren Häufigkeit eine vorgegebene Schwelle überschreitet. Seltene, durch Farb- oder Strukturfehler bewirkte Eintragungen im Farbmerkmals-Speicher werden somit wieder gelöscht und die im Speicher eingeschriebene Kennung entspricht derjenigen, welche an einer fehlerfreien Warenprobe erstellt worden wäre. Indem nach einer vorgegebenen Anzahl von Bildpunkten der zur Klassifikation verwendete Speicher abgeschaltet und als neuer Trainingsspeicher verwendet wird und der bisherige Trainingsspeicher diese Aufgabe übernimmt, wird erreicht, daß immer ein adaptierter Farbmerkmals-Speicher zur Klassifikation bereit steht. Dadurch können z. B. korrekte gleitende Farbänderungen der Ware toleriert werden.

Die Strukturfehler-Erkennung wird erfindungsgemäß durch eine Kombination von in Echtzeit ablaufender Überwachung eines durch geeignete Gewichtung gewonnenen Luminanzbildes, welches sich nur auf den aktuellen Bildpunkt oder seine unmittelbaren Nachbarn bezieht und durch eine aufwendigere, nicht mehr in Echtzeit ablaufende 2-dimensionale Mustererkennung in einer größeren lokalen Umgebung durchgeführt. Hierzu wird das analoge oder bereits digitalisierte 3-kanalige Farbsignal jeweils für jeden Kanal getrennt mit einem Koeffizienten multipliziert und die Summe aller Produkte gebildet:

$$\text{Luminanzbild } Y = a \cdot R + b \cdot G + c \cdot B$$

Durch die Wahl der Gewichtungskoeffizienten a , b , c kann eine Anpassung an den Farbton der Textilloberfläche durchgeführt und somit der Kontrast im Luminanzbild erhöht werden. Das so gewonnene Luminanzbild wird in seiner Amplitude mit einer oder mehreren Schwellen verglichen und beim Auftreten signifikanter Helligkeitssprünge auf einen Strukturfehler geschlossen. Wie bei der Farbfehler-Kontrolle kann auch hier zusätzlich das Vorhandensein einer Mindestanzahl von Fehlern innerhalb eines definierten Ausschnitts als Bedingung für die Ausgabe und Markierung eines Strukturfehlers gelten. Dadurch werden Fehlalarme in hohem Maße verringert.

Diese lokale Bedingung kann mit der gleichen Einheit durchgeführt werden, wie sie bereits in der Farberkennung vorhanden ist und bedeutet damit keinen zusätzlichen Aufwand.

Bei stärker strukturierten Textilien wird es sich aber nicht vermeiden lassen, daß die Schwelle für einen Strukturfehler-Alarm relativ hoch sein muß, damit nicht unzulässig viele Fehlalarme auftreten. Es ist daher ein weiterer Erfindungsgedanke, daß Strukturfehler, welche in ihrer Signifikanz in der Nähe dieser Schwelle liegen, nicht einfach durchgelassen oder unterdrückt werden, sondern auf einer höheren Stufe der Mustererkennung einer echt 2-dimensionalen Bildauswertung unterzogen werden. Da diese Fälle seltener vorkommen, brauchen diese Auswertungen nicht mehr in Echtzeit durchgeführt werden und können daher kostengünstig mit einem einfachen Bildrechner bearbeitet werden.

Erfindungsgemäß werden hierzu mindestens zwei Bildspeicher in einem Wechsellager-Betrieb als sog. Transientenspeicher verwendet. Ein Transienten-Bildspeicher speichert die lokale Umgebung des jeweilig aktuellen Bildpunktes, z. B. die letzten 16 Bildzeilen und vorausschauend die nächsten 16 Bildzeilen. Das "Vor-

ausschauen" wird dadurch erreicht, daß die gesamte Strukturfehlererkennung um beispielsweise 16 Bildzeilen gegenüber dem Einlesen des Transientenspeichers verzögert wird. Der Transientenspeicher wird zirkulär beschrieben. Die jeweils älteste Bildzeile wird mit der jeweils neuesten Zeile überschrieben. Meldet die Strukturfehlererkennung einen Fehler in der Nähe der Signifikanzschwelle, so wird die aktuelle Umgebung dieses Bildes eingefroren und einem Bildrechner zur 2-dimensionalen Auswertung zugeführt. Dieses "Einfrieren" kann im einfachsten Fall durch ein Wechselpuffer-Betrieb erreicht werden, bei dem der aktuelle Transienten-Bildspeicher auf den Bildrechner umgeschaltet wird und der ehemalige am Bildrechner liegende Speicher die Funktion des neuen Transientenspeichers übernimmt.

Das Verfahren wird im Blockschaltbild von Fig. 4 erläutert. Dabei bedeuten -1- die Einheit zur Gewichtung der drei Farbsignale und Summation zum einem Luminanzsignal, -2- die Strukturfehlererkennung durch Amplitudenüberwachung des Luminanzsignals, -3- die als Wechselpuffer betriebenen Transienten-Bildspeicher und -4- der Bildrechner zur 2-dimensionalen Bildauswertung der im Transientenspeicher anliegenden aktuellen Bildpunkt-Umgebung. Die Ergebnisse dieser 2-stufigen Strukturfehlererkennung werden einem mit der Farberkennung gemeinsam betriebenen übergeordneten Steuerrechner (-8 in Fig. 3) zugeführt.

Die beschriebene Ausbildung des Verfahrens ist beispielhaft zu verstehen und soll die in den Patentansprüchen aufgeführten Verfahrens- und Schaltungsanordnungsschritte anhand einer konkreten Ausführung erläutern.

35

40

45

50

55

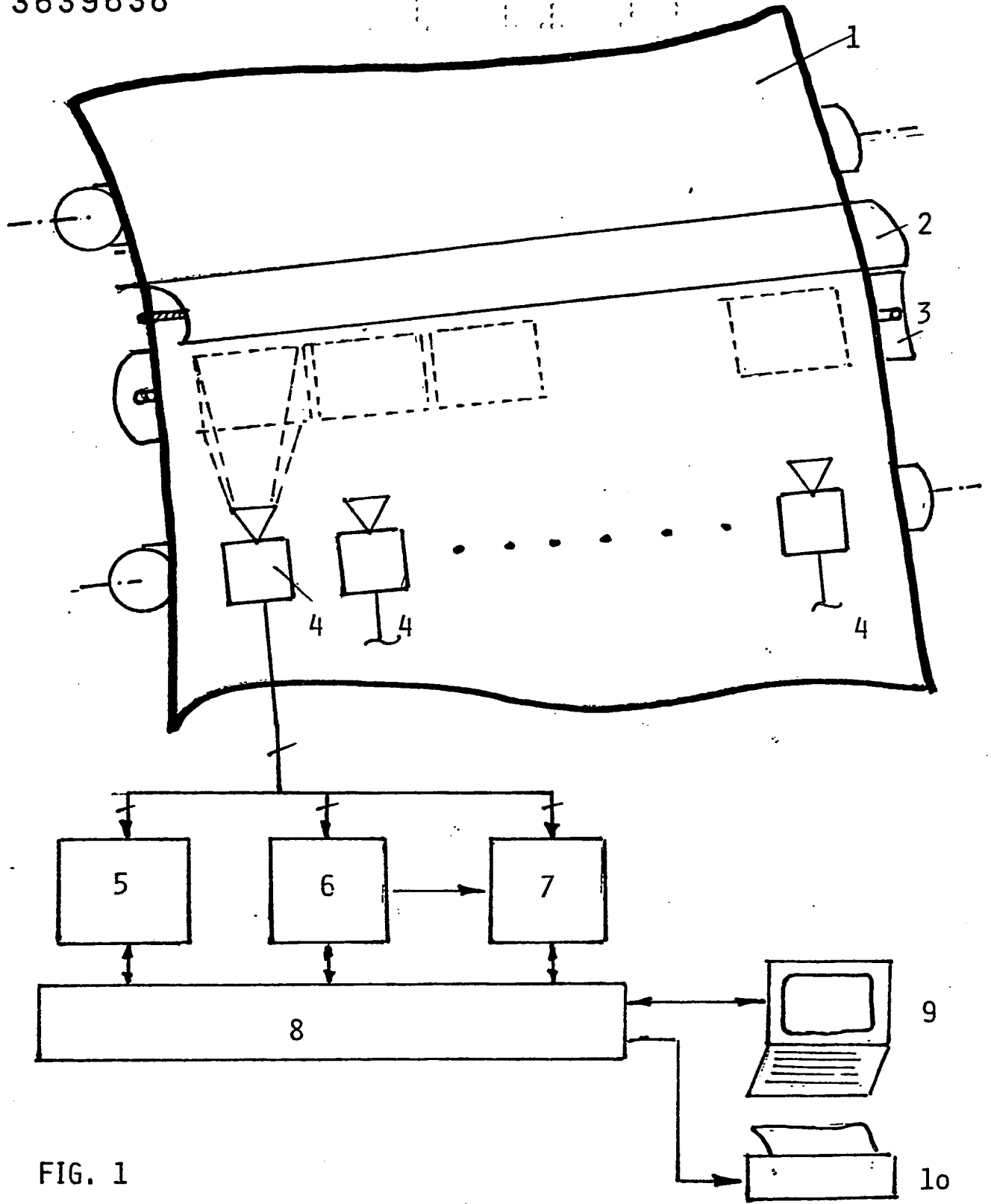
60

65

3639636

Number:
Int. Cl. 4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

36 39 636
D 06 H 3/08
20. November 1986
26. Mai 1988



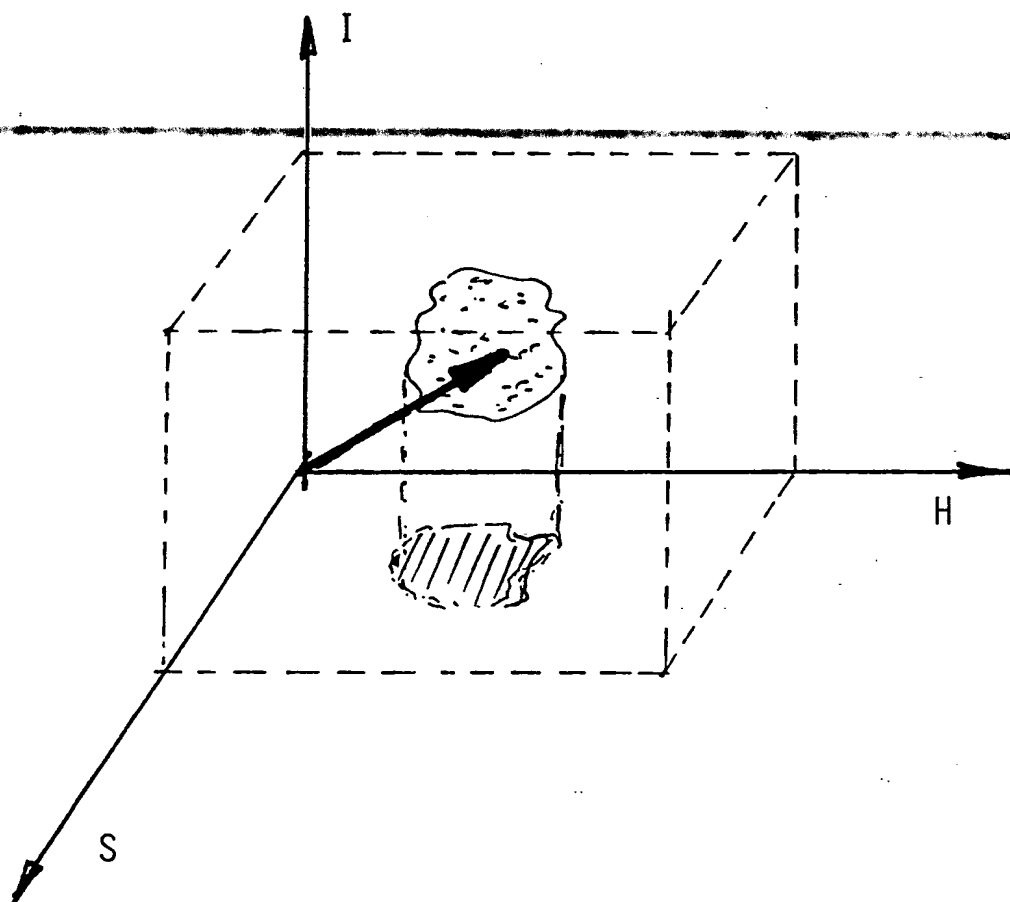


FIG. 2

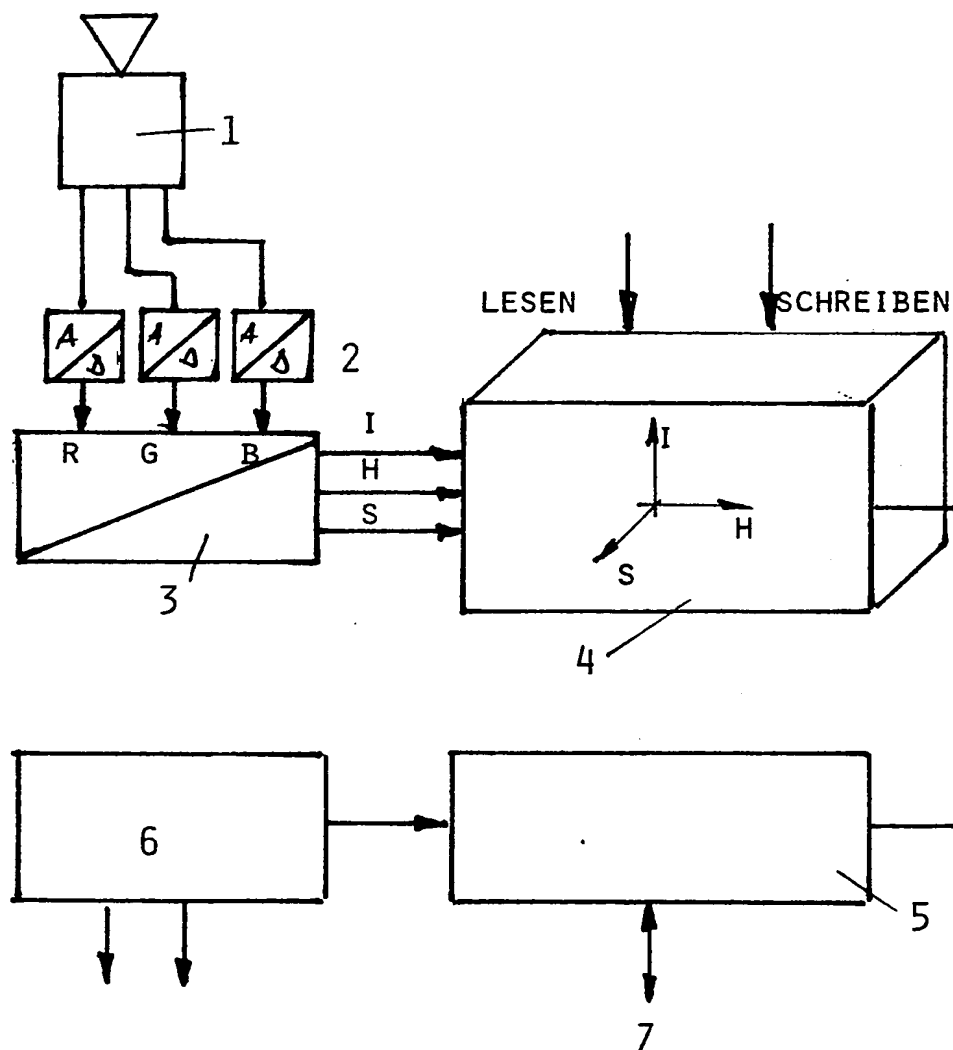


FIG. 3

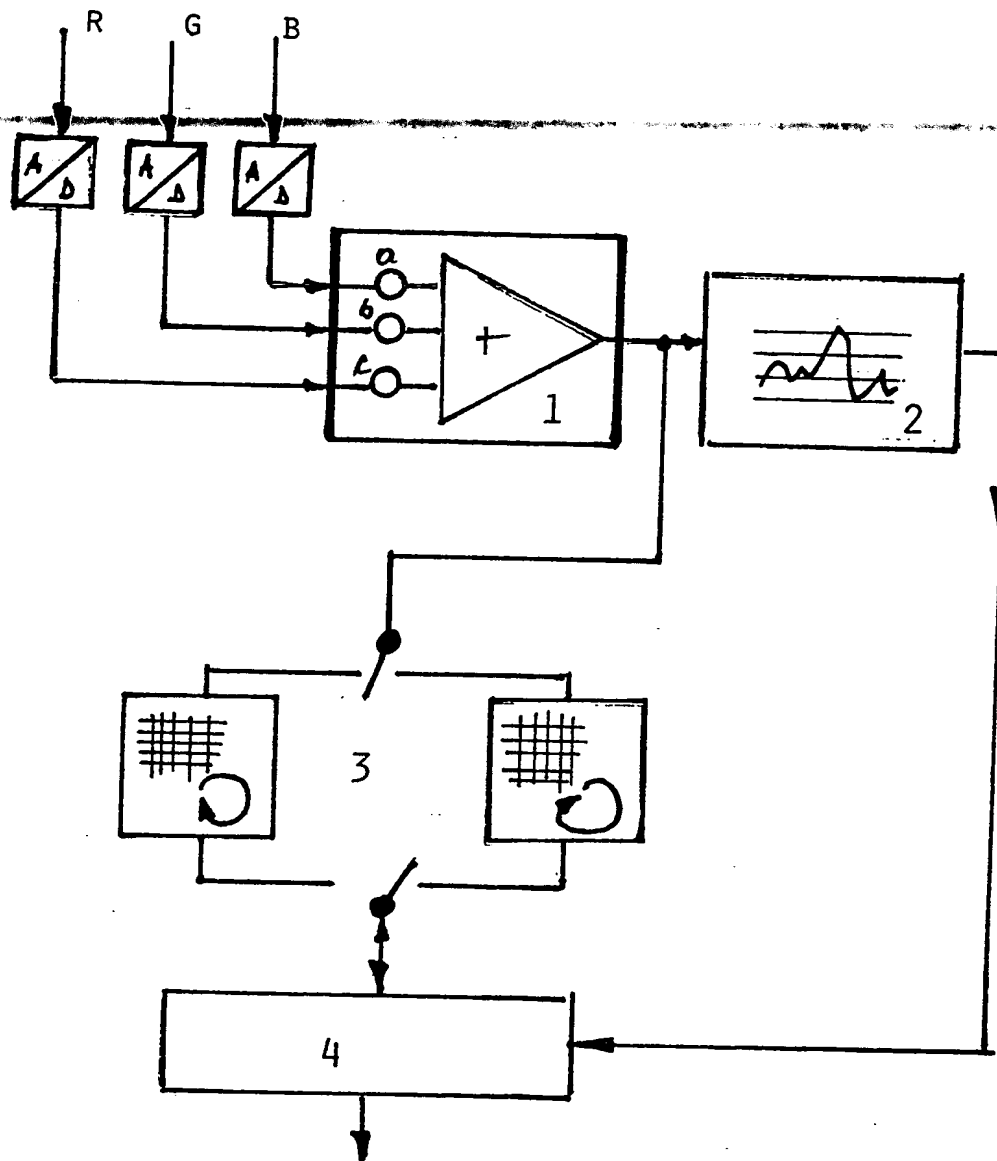


FIG. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)